



Trabajo Fin de Grado

Grado en Economía

**Tecnología Blockchain en la logística
portuaria**

Blockchain technology in port logistics

Autor

Mario Fernández Fernández

Director

Pablo María De Castro García

Julio 2020

Índice

Resumen	3
Abstract	3
1. Introducción	4
2. Blockchain	5
2.1 Concepto.....	5
2.2 Elementos básicos y funcionamiento.....	6
2.3 Tipos de Redes Blockchain	8
2.4 Beneficios y limitaciones del Blockchain.....	9
2.5 Aplicaciones reales del Blockchain.....	11
2.5.1 Smart Contracts	12
2.5.2 Almacenamiento en la nube e Internet de las cosas (IoT).....	12
2.5.3 Sector financiero y bancario.....	12
2.5.4 Sector sanitario.....	13
2.5.5 Educación	13
2.5.6 Gobierno	13
3. Aplicación del Blockchain en la logística portuaria	14
3.1 Objetivos	14
3.2 ¿Qué es la logística?.....	14
3.3 Blockchain en la logística portuaria	16
3.3.1 Estructura de una terminal de contenedores.....	16
3.3.2 Agentes de la cadena de suministro	17
3.3.3 Problemática y soluciones	18
3.4 Implantación del Blockchain en el sector portuario	20
3.4.1 Plataformas Blockchain portuarias más relevantes	21
3.4.2 Start-ups y otros proyectos del Blockchain portuario.....	23
4. Conclusiones	25
5. Bibliografía.....	27

Resumen

El presente trabajo pretende ser una introducción al uso de la tecnología Blockchain en el sector de la logística portuaria. El objetivo de este no consiste únicamente en mostrar las nociones básicas de esta nueva tecnología, sino que focaliza su atención en la aplicación de dicha tecnología en la cadena de suministro y en la logística portuaria.

En la primera parte se realiza una introducción previa a la tecnología Blockchain, de forma que se empieza presentando de manera simple como surgió el Blockchain, cuáles son los elementos básicos que forman la cadena de bloques, como es su funcionamiento y el tipo de redes existentes. Posteriormente, aunque de manera introductoria, se profundiza más en cuáles son los beneficios y limitaciones que presenta esta tecnología disruptiva, así como las aplicaciones o sectores donde se ha empezado a introducir.

En la segunda parte del trabajo, ya no se habla del Blockchain de forma genérica, sino que se estudia su implementación en la logística portuaria. Se empieza definiendo qué es la logística y la cadena de suministro, para profundizar, posteriormente, en cómo están estructuradas las terminales de contenedores portuarias y las relaciones que se presentan entre los agentes de la cadena de suministro.

La última parte del trabajo muestra algunas de las plataformas Blockchain implementadas en el sector portuario, desde las más importantes, las cuales se centran en optimizar la cadena de suministro, hasta las más innovadoras, las cuales resuelven las ineficiencias dentro de las terminales de contenedores.

Abstract

The present paper intends to be an introduction to the use of Blockchain technology in port logistics. The objective of this paper is not only to show the basic notions of this new technology, but also to focus on the application of this technology in the supply chain and in port logistics.

In the first part, a previous introduction to the Blockchain is made, so that it starts by presenting in a simple way how the Blockchain came about, what are the basic elements that form the Blockchain, how it works and the type of networks that exist. Later, although in an introductory way, we will go deeper into the benefits and limitations of this disruptive technology, as well as the applications or sectors where it has been introduced.

In the second part of the paper, the Blockchain is no longer discussed in a generic way, but its implementation in port logistics is studied. It begins by defining what logistics and the supply chain are, and then goes on to examine how the port container terminals are structured and the relationships between the agents in the supply chain.

The last part of the work shows some of the Blockchain platforms implemented in the port sector, from the most important, which are focused on optimizing the supply chain, to the most innovative, which solve the inefficiencies within the container terminals.

1. Introducción

La quiebra de Lehman Brothers en 2008 supuso una pérdida de 55 billones de dólares para los Estados Unidos y desencadenó en una recesión económica a nivel mundial. Aunque hubo muchos detonantes para la aparición de esta crisis, uno de los más reseñables es el sistema de pagos centralizado. Los compradores y vendedores centraban su confianza en los intermediarios, es decir, en los bancos. Tenían seguridad en que los bancos asumirían el impago a cambio del cobro de comisiones a los agentes implicados en la transacción, pero esto se derrumbó con la caída del sistema bancario (Ateniese et al, 2017).

Ante esta situación de incertidumbre surge el Bitcoin, una moneda virtual gestionada de forma descentralizada que se rige por una tecnología de cadena de bloques. Esta nueva tecnología Blockchain aparece como un fenómeno novedoso y muchas grandes empresas empiezan a investigar su funcionamiento para poder aplicarlo a cualquier sector de la economía.

Blockchain solventa todos los problemas de fiabilidad entre las partes implicadas en una transacción debido a su descentralización. A su vez, presenta una seguridad prácticamente inquebrantable debido al cifrado que tiene cada bloque de la cadena, realizándose las transacciones de manera transparente, dado que todos los agentes de la red pueden revisarlas en cualquier momento y reduciendo todos los costos que aplican los intermediarios.

La motivación para realizar este trabajo fue precisamente la revolución que está suponiendo Blockchain en la forma de gestionar los negocios. Los resultados que está obteniendo en el poco tiempo de vida que tiene están siendo asombrosos. Sin presentar todo su potencial ya ha sentado sus bases de implantación en muchas aplicaciones y sectores como, por ejemplo: los contratos inteligentes, el internet de las cosas (IoT), el sector logístico, el sector financiero, el gobierno, etc.

El presente trabajo presenta dos claros objetivos bien separados entre sus partes. El primer objetivo es explicar en qué consiste la Blockchain de una forma en la que cualquier público pueda comprenderlo. No es necesario tener ningún conocimiento acerca de la cadena de bloques para entender esta primera parte, donde se muestran los conceptos básicos.

La segunda parte del trabajo profundiza un poco más en los usos de Blockchain en el tema logístico, concretamente en la logística portuaria. Aunque se presenta una introducción a la logística para aquel público que no haya tenido contacto con ella, esta parte es algo más técnica y el objetivo que se busca al realizarla es descubrir las posibilidades que ha aportado el Blockchain en las terminales de contenedores, así como las futuras oportunidades que puede solventar.

La estructura de este trabajo se divide por objetivos como acabo de comentar, con dos partes bien diferenciadas entre sí y finaliza con una serie de conclusiones sobre la Blockchain y su implantación en la logística portuaria.

2. Blockchain

2.1 Concepto

Los primeros avances sobre lo que hoy conocemos como Blockchain vinieron de la mano de Stuart Haber y Scott Stornetta. Esto ocurre en 1990, cuando publican el artículo *“How to Time-Stamp a Digital Document”* en el que se focalizan en como vincular cronológicamente una lista de transacciones (Hays, 2018).

Posteriormente, mediante la combinación de varias ideas de teoría de juegos junto con las investigaciones por parte de Stuart y Scott, un individuo (o grupo de personas) bajo el alias de Satoshi Nakamoto reinventan el concepto de cadena de bloques. En 2008, dicho individuo, el cual decidió mantener su anonimato, publicó un artículo llamado *“Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System”* donde presentaba las primeras pinceladas de lo que hoy conocemos como Bitcoin. En dicho artículo muestra de forma detallada un sistema de transferencia monetaria mediante una cadena de bloques totalmente descentralizada.

En primera instancia, el uso del Blockchain se vio limitado al intercambio y minería del Bitcoin, el cual apareció en 2009. Posteriormente, surgieron nuevas criptomonedas que utilizaron la cadena de bloques de la misma manera. Desde entonces el Blockchain ha tenido un enorme crecimiento, ampliándose sus aplicaciones en distintos sectores como son el financiero, el gubernamental, el sanitario, etc.

“El mayor coste que existe en una transacción es el de la confianza entre las partes” (Torrero, 2018). Blockchain no es más que una tecnología de datos donde estos se pueden administrar y organizar de forma abierta, permanente y verificada sin la necesidad de una autoridad central (Van Rossum, 2017). La tecnología Blockchain promete revolucionar la forma en la que funcionan los negocios, cambiando la manera de gestionar dinero, activos, contratos, etc. No hay necesidad de depender o confiar en una institución particular (Ateniese et al, 2017).

Blockchain actúa como un gran libro contable, es decir, en él se registran las distintas transacciones llevadas a cabo entre sujetos, añadiendo en cada una de estas transacciones un bloque a la cadena. Blockchain funciona como una base de datos donde se registran todo tipo de transacciones de valor en una red P2P (peer-to-peer). Esta red está completamente descentralizada y presenta una seguridad altísima dado que la información se encuentra distribuida en varios nodos. Esto la hace prácticamente incorruptible dado que, si dicha información se encontrase solo en una ubicación, podría darse el caso de que algún individuo de la red cambiase algún bloque. El hecho de que la información este fragmentada en miles de ordenadores hace que, si alguien intenta manipular la red, los usuarios lo detecten rápidamente porque en los demás nodos estará registrada la información real. Esto hace que la Blockchain sea pública, segura y verificable en tiempo real.

2.2 Elementos básicos y funcionamiento

Explicaré el funcionamiento del Blockchain apoyándome en los esquemas que iré adjuntando a continuación e iré describiendo los elementos básicos de dicha tecnología.

En primer lugar, un usuario registra la transacción, lo que hará que en la red se grabe un bloque con la transacción en cuestión, la hora en que se ha realizado y todo tipo de información necesaria y relevante.

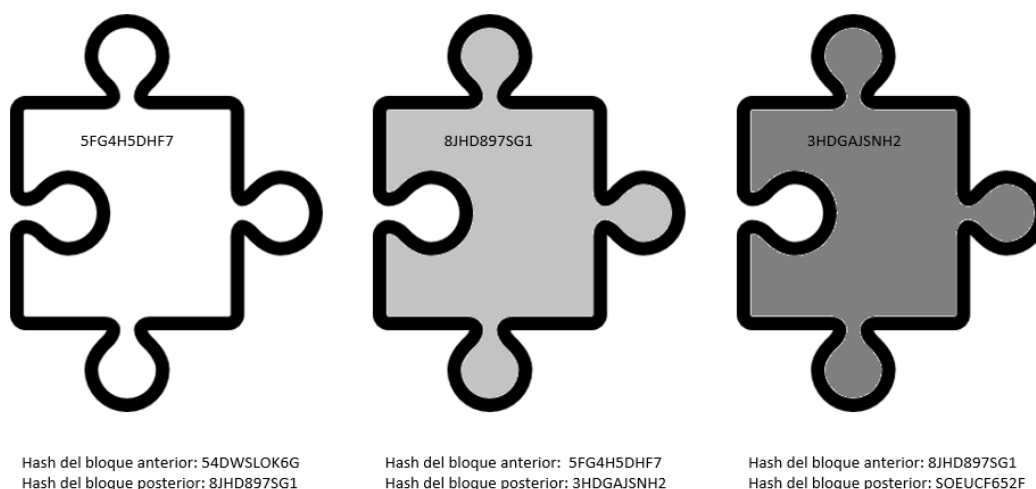
Figura 1: Registro de transacción.



Fuente: Elaboración propia.

Además de toda la información referente a la transacción, cada uno de estos bloques posee también dos códigos, uno de ellos indica cual es el código del bloque anterior y el otro indica el código del nuevo bloque que le precede. A estos códigos se les denomina **hash**. El **hash** es un código generado por un algoritmo matemático, el cual recopila los datos referentes a la transacción y transcribe un código único que convierte dicha transacción en incorruptible. Como podemos ver en la siguiente figura, cada transacción tiene su propio código y lleva inherentes a él los códigos de los bloques ligados.

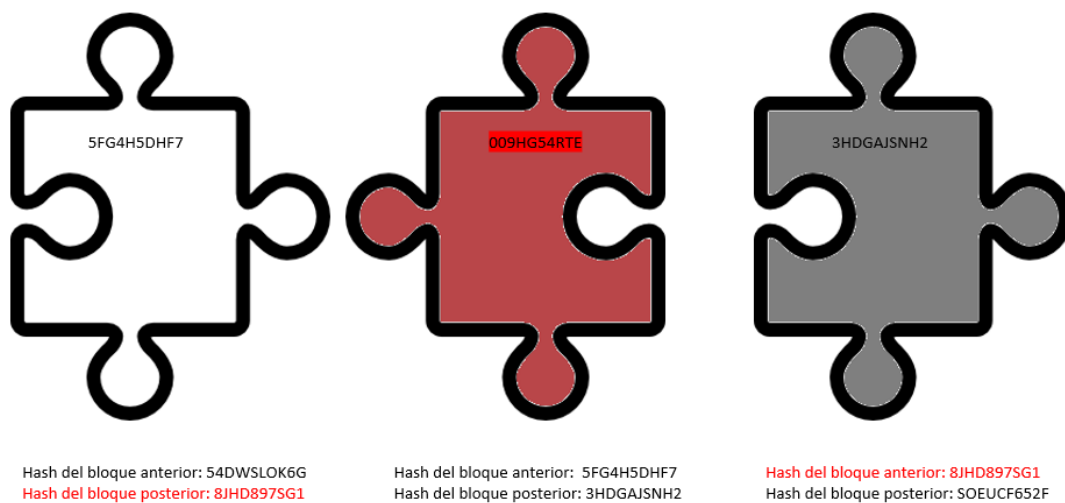
Figura 2: Hash de la cadena de bloques.



Fuente: Elaboración propia.

Es decir, si algún individuo en la red quisiera manipular uno de los bloques le resultaría imposible dado que una vez que cambiase la información de dicho bloque, el algoritmo matemático alteraría el **hash**. Entonces, se podría comprobar que tanto en el bloque anterior como en el posterior el **hash** difiere. Si alguien intenta modificar una transacción, cualquier otro usuario podrá ver quién ha intentado manipularlo. Podemos observar como la alteración de cualquier elemento del bloque hará la generación de un **hash** completamente diferente, el cual verá alterada la cadena de bloques. Esto confirma la gran seguridad que presenta esta tecnología.

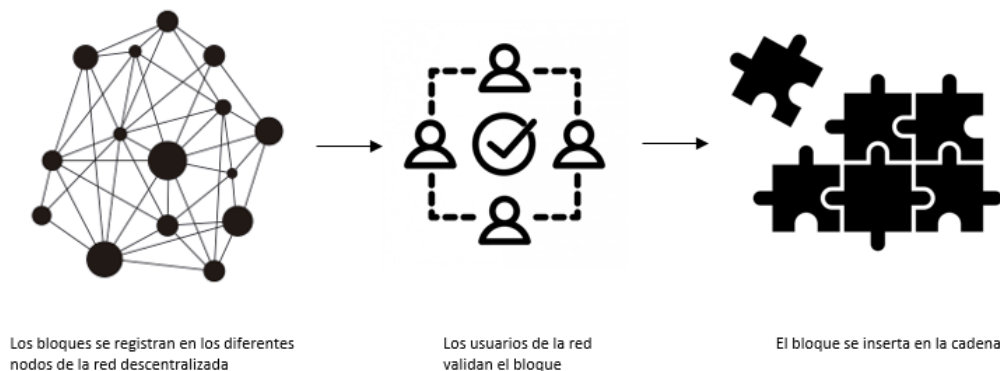
Figura 3: Hash de la cadena de bloques corrupta.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez este bloque contiene toda la información necesaria, se comparte con todos los individuos que pertenecen a esta red Blockchain. Esta red posee la característica de ser descentralizada, por lo que, los **nodos** estarán interconectados entre sí. El **nodo** puede ser un ordenador personal o una megacomputadora, dependiendo de la complejidad de la red. Para que dichos **nodos** puedan conectarse entre sí han de poseer todos el mismo software (Preukschat, 2016). Entonces, una vez se registre una transacción en un bloque, todos los **nodos** de la red tendrán registrado dicho bloque junto con todos los que preceden. Es decir, la cadena de bloques se registrará en todos los **nodos** a la vez, lo que afianzará aún más si cabe la seguridad y transparencia de esta tecnología.

Posteriormente a compartirse en la red, los usuarios verifican que el bloque es correcto. Es decir, la transacción se encuentra visible tanto para los usuarios envueltos en la transacción como para los demás usuarios que pertenecen a la red. En este momento, todos los agentes que intervienen en la red deberán verificar que el bloque está bien diseñado y contiene la transacción requerida. Una vez que se confirme que el bloque es válido, automáticamente este se inserta en la cadena de bloques.

Figura 4: Red descentralizada y cadena de bloques.

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, cualquiera de los usuarios que operen en la red, podrá ir añadiendo indefinidamente bloques que quedarán registrados en la cadena. Cada transacción realizada hará que la cadena sea más grande y fiable.

2.3 Tipos de Redes Blockchain

“Un aspecto importante de la transformación de los procesos comerciales para trabajar con Blockchain es seleccionar la versión apropiada de Blockchain.” (Filipova, 2018).

Las cadenas de bloques pueden clasificarse en tres tipos: redes públicas, redes de consorcios y redes privadas (Buterin, 2015).

Redes públicas: En este tipo de redes cualquier persona puede leer la cadena de bloques completa, puede realizar cualquier transacción y puede participar en el proceso de consenso de la validación de un bloque (Buterin, 2015). Las transacciones son transparentes, pero no necesitan que el usuario aporte sus datos reales, pudiendo operar bajo un alias. La gran ventaja que presentan estas redes para los usuarios es que no suponen ningún coste en términos de infraestructura, mantenimiento y administración de los servidores dado que son públicas. En cambio, necesitan de grandes recursos informáticos para trabajar con la criptografía (Filipova, 2018). Algunos ejemplos de este tipo de redes serían Bitcoin y Ethereum.

Redes de consorcios: Una Blockchain de consorcio sería aquella donde el poder de decisión recaería en un número delimitado de usuarios. Es decir, el proceso de consenso y aprobación de bloques estaría controlado por un número preseleccionado de nodos. Esto se puede entender mejor con un ejemplo: Supongamos una red de consorcio en donde el poder de consenso reside en 10 instituciones. Para que el resto de las instituciones o usuarios de la red puedan realizar sus transacciones deberán validarlas 6 de las 10 instituciones que lideran la red (es decir, la mitad más uno de los miembros de la red). En estas redes el derecho a leer la cadena de bloques completa podrá ser público o privado, dependiendo de la red en la práctica (Buterin, 2015). Estas redes también podrían considerarse como privadas (Filipova, 2018). Un ejemplo nacional de este tipo de redes sería el Consorcio **Alastria** (<https://alastria.io/>).

Redes privadas: En las Blockchain privadas no todos los usuarios pueden unirse a la red y realizar transacciones en ella. Son propiedad de una institución o usuario. Para la validación y aprobación de bloques, se someten a una democracia para alcanzar el consenso. Al igual que las redes de consorcios, la lectura de la cadena de bloques puede ser abierta a todos los usuarios o no. Este tipo de redes no están totalmente descentralizadas, lo cual va en contra de los principios básicos del Blockchain. El propietario de la red puede modificarla o cancelarla cuando lo vea oportuno. Este tipo de redes son necesarias para ciertos negocios o sectores como es el caso del Gobierno, donde podrán tener el control de ciertos registros públicos. Ejemplos de Blockchains privadas serían **Multichain** (<https://www.multichain.com/>), **Corda** (<https://www.corda.net/>) y **EWf** (<https://www.energyweb.org/technology/energy-web-chain/>) (Filipova, 2018).

2.4 Beneficios y limitaciones del Blockchain

Las posibilidades del Blockchain son altísimas. Algunas de sus ventajas más importantes serían las siguientes:

Sin duda, uno de los puntos más fuertes del Blockchain es su **seguridad**. Una vez un bloque se añade a la cadena es prácticamente imposible corromperlo. Esta naturaleza inmutable e incorruptible que posee el Blockchain protege a los usuarios de información falsificada y de posibles hackeos informáticos. Esto genera a su vez otra serie de ventajas como, por ejemplo, la **confianza**. La descentralización, característica primordial y básica del Blockchain, hace que se descentralice a su vez la confianza por parte de los usuarios. Es decir, las partes involucradas en una transacción no necesitan tener confianza entre ellas, dado que la inmutabilidad de la red asegura a ambas partes que no pueden ser estafados (Koksal, 2019).

Otros de los beneficios que van ligados con la seguridad es la **estabilidad**. El hecho de que una vez se almacenen los datos, estos no puedan ser eliminados, hace que esta tecnología sea óptima para el registro de datos financieros. Cada cambio será rastreado y registrado de manera permanente en un libro contable público, evitando cualquier tipo de fraude (Binance Academy, 2020).

La **distribución**, es otra de las grandes ventajas de esta tecnología. Tener registrada la cadena de bloques al completo en diferentes nodos supone que en el caso de que un nodo falle, el sistema seguirá funcionando de la misma manera, porque el resto de los nodos lo ampara (Binance Academy, 2020).

Una característica inherente al Blockchain, que supone una de sus mayores ventajas, es la **transparencia**. En empresas, sistemas financieros, gobiernos, etc., el registro de sus transacciones en un libro contable, abierto públicamente, les añade una responsabilidad extra. Cualquiera podrá comprobar dichas redes si son públicas y podrán verificar si las cosas se están realizando correctamente (Koksal, 2019).

La descentralización de la cadena de bloques lleva implícita un **ahorro de costes e incremento de la velocidad** en términos de gestión. A su vez, esto implica un incremento de la **eficiencia** (Filipova, 2018).

Cada vez que se registra una transacción, deja a su paso un registro que ayuda a conocer su procedencia. La **trazabilidad**, se ve mejorada con el Blockchain verificando la procedencia de las transacciones, así como todos los datos referentes a su envío (Koksal, 2019).

Aunque el Blockchain proporciona múltiples ventajas, debemos tener en cuenta que presenta varias limitaciones como las siguientes:

La primera de estas limitaciones sería el **error humano**. Los datos introducidos en la cadena de bloques deben ser precisos dado que la inmutabilidad de misma lo requiere. Dado que los datos son introducidos por personas físicas, estos pueden ser erróneos (Smith, 2018). Esto conecta con otra de las limitaciones del Blockchain que sería la **modificación de datos**. Una vez incluidos los datos, es muy difícil modificarlos. Cambiar datos suele ser muy exigente y en la mayoría de los casos se debe abandonar la cadena y empezar a edificar una nueva (Binance Academy, 2020).

Otra limitación que se presenta es la **clave privada**. Cada bloque de la cadena y cada usuario tienen una clave privada propia, las cuales deben mantenerse en secreto. En caso de que el usuario pierda sus claves será muy difícil recuperar, llegando incluso a perder todo lo que tiene en su cartera. Esta limitación está enfocada mayoritariamente a las Blockchain que trabajan con criptomonedas (Binance Academy, 2020).

La mayor limitación que se presenta en redes que usan Proof of Work (prueba de trabajo), como Bitcoin, es su **ineficiencia energética**. La minería es altamente competitiva y sólo hay un posible minero ganador en cada momento. Los demás mineros que han estado buscando el hash no obtienen ganancia alguna, a pesar de haber invertido una gran cantidad de recursos energéticos. Esto conlleva un gran desperdicio de energía (Mudrakola, 2018).

El **almacenamiento** también se presenta como una desventaja de esta novedosa tecnología. En redes pequeñas esto no supone un problema, pero a medida que la cadena aumenta, va ocupando mayor capacidad de almacenamiento en las computadoras de los usuarios, por lo que, la red se arriesga a perder nodos si el libro mayor se vuelve demasiado grande (Binance Academy, 2020). Dado que Blockchain necesita una gran cantidad de usuarios en la red para funcionar óptimamente, el problema del almacenamiento se puede volver más difícil de contener a medida que aumentan las redes (Smith, 2018).

Al ser una tecnología que está 'naciendo' implica la necesidad de nuevos procesos que requieren especialización. La **investigación**, para poder insertar esta tecnología en aplicaciones prácticas, supone un alto costo que tienen que pagar las empresas. Esta limitación se presenta únicamente a corto plazo, dado que una vez que se consigue aplicar, la complejidad de la red se vuelve menos costosa de actualizar con el paso del tiempo (Mudrakola, 2018).

Por último, existe una pequeña **brecha de seguridad** conocida como '**51% attack**'. Este concepto viene a explicarnos que en el caso de que una entidad posea más del 50% de la potencia de la red, le permitiría a dicha entidad poder modificar deliberadamente el orden de las transacciones. Aunque este concepto sea puramente teórico, no se puede descartar que no se pueda llevar a la práctica (Binance Academy, 2020).

2.5 Aplicaciones reales del Blockchain

La tecnología Blockchain ha transformado durante estos pocos años la forma en la que funcionan ciertos sectores. Por ejemplo, el financiero, el gubernamental, el sanitario, etc.

La evolución de la tecnología se puede dividir en varias etapas: el Blockchain 1.0 se iniciaría con el Bitcoin e incluiría todas las aplicaciones con un uso únicamente monetario, basado en la transacción de criptomonedas. Blockchain 2.0 se extendería a los Smart Contracts, donde se empezarían a gestionar el intercambio de activos y bienes. Blockchain 3.0 iría un paso más allá, incluyendo su aplicación en sectores como la educación, la sanidad o el gobierno (Swan, 2015). Aún no están cubiertas todas las posibilidades que puede ofrecer esta tecnología, pero su aplicación ya ha supuesto notables mejoras en todos los sectores en lo que se ha implantado.

Figura 5: Red descentralizada y cadena de bloques.



Fuente: Casino et al, 2019

En la imagen adjunta se pueden ver las aplicaciones que han ido surgiendo alrededor de esta novedosa tecnología y, a continuación, presentaré las más relevantes de manera más detallada:

2.5.1 Smart Contracts

“Un contrato inteligente es un protocolo de transacción computerizado que ejecuta los términos de un contrato. Los objetivos generales son satisfacer las condiciones contractuales comunes y minimizar la necesidad de intermediarios de confianza.” (Tapscott et al, 2016).

La funcionalidad de los contratos inteligentes está clara: el intercambio de bienes o activos con el menor coste posible de gestión para los implicados en la transacción. Para conseguir minimizar ese coste es necesario que haya un protocolo descentralizado, se necesita un libro de contabilidad que sea autoejecutable y que esté codificado, es decir, se necesita Blockchain (Cong et al, 2019).

2.5.2 Almacenamiento en la nube e Internet de las cosas (IoT)

Los actuales sistemas de almacenamiento de datos siguen centralizados por grandes compañías. Aunque la seguridad que presentan estas empresas es alta debido a la gran inversión que realizan, siguen siendo susceptibles de ser pirateadas. Blockchain resuelve este problema, creando un mercado de almacenamiento codificado, distribuido y descentralizado.

A medida que avancen los años y el IoT siga creciendo, aumentará exponencialmente el número de dispositivos conectados a la red. Aparte de móviles y ordenadores, el resto de electrodomésticos como televisiones, lavadoras, neveras, etc. formarán parte de dicha red. Uno de los inconvenientes que tiene este desarrollo es la seguridad. Las grandes empresas, que fabriquen estos electrodomésticos, no podrán abastecer la demanda de actualizaciones, necesaria para que estos aparatos sean completamente seguros, por tanto, una solución que se está implantando es el uso de Blockchain (Retamal et al, 2017).

2.5.3 Sector financiero y bancario

Aunque algunos de los grandes bancos del mundo se vieron reacios a la idea de un sistema abierto, descentralizado y con modalidades monetarias novedosas, rápidamente se adaptaron y decidieron invertir en investigar el Blockchain. Desde la irrupción de esta tecnología, grandes autoridades financieras como *Blythe Masters* (directora financiera de JP Morgan) o *Ben Lawsky* (superintendente de servicios financieros de NY), decidieron formar parte del cambio creando nuevas empresas centradas en el uso de la Blockchain. Los banqueros fueron adaptándose a este nuevo sistema que facilita las transacciones, a la vez que las hace más seguras (Tapscott et al, 2016). A su vez, las grandes entidades financieras están desarrollando y utilizando sus propias criptomonedas en sus transacciones.

2.5.4 Sector sanitario

El sector sanitario precisa de velocidad a la hora de realizar sus procesos. Este sector será uno de los más beneficiados desde el punto de vista administrativo, así como también se beneficiarán todas las empresas que operan alrededor del sistema sanitario. El control del flujo de trabajo, la consulta de datos, los seguros de salud, la forma de gestionar las citas, etc., se optimizarían con el uso de una red descentralizada como la Blockchain. No solo el personal sanitario verá optimizado todos los recursos disponibles, sino que también el paciente puede comprobar en todo momento su historial y datos médicos. El personal sanitario también podrá acceder de manera inmediata a todos los registros críticos del paciente, garantizando, a su vez, la confidencialidad de dichos datos y pudiendo utilizarlos de la manera más eficiente para curar al paciente (Kuo et al, 2017).

2.5.5 Educación

En los últimos años el Blockchain ha irrumpido en el sistema educativo dando respuesta principalmente a la certificación académica y la estructuración de grados. Aunque no por ello ha generado algunas dudas, dado que mucho expertos han criticado el uso de esta tecnología acusando que tiene únicamente una visión de mercado. Blockchain podría conducir a la educación a un sector mucho más abierto, donde no habría lugar a falsificación de titulaciones y todos los usuarios de la red podrían actuar como receptores y proveedores de formación (Bartolomé et al, 2018).

2.5.6 Gobierno

El mayor problema que tienen los gobiernos es la confianza. La transparencia de sus cuentas y transacciones, ahorrarían a la sociedad ser engañada por la prensa y podrían comprobar motu proprio como está invirtiendo el estado sus impuestos.

Al igual que los bancos, los gobiernos están utilizando Blockchain para realizar transacciones y almacenar información. A su vez, el hecho de gestionar los datos mediante una Blockchain supondrá para el gobierno mayor velocidad, descenso de costes, seguridad, etc. (Tapscott et al, 2016).

Empresas como IBM ya están investigando en como implementar la cadena de bloques en los gobiernos, centrándose en intercambio de datos y de mercancía. La implementación del Blockchain podría suponer una nueva forma de votar. Lo que tradicionalmente se tenía que hacer físicamente podría digitalizarse mediante un voto electrónico seguro y completamente eficiente (Navarro, 2017).

3. Aplicación del Blockchain en la logística portuaria

3.1 Objetivos

Tras haber analizado la tecnología Blockchain desde un punto de vista teórico, explicando sus características, su funcionamiento, el tipo de redes existentes, las ventajas e inconvenientes que presenta, así como las aplicaciones donde se ha instaurado, en este apartado intentaré focalizar la forma en la que el Blockchain puede irrumpir en la logística, más concretamente en la logística portuaria.

Para continuar lo anteriormente explicado, empezaré explicando la logística de manera general y como ha influido la adopción de esta nueva tecnología en este sector.

A continuación, analizaré las posibilidades que presenta el Blockchain en las terminales portuarias y en la cadena de suministro para finalizar este trabajo mostrando las aplicaciones Blockchain que solventan esta problemática logística.

3.2 ¿Qué es la logística?

“En la empresa, la palabra logística se relaciona de una forma directa con todas las actividades inherentes a los procesos de aprovisionamiento, fabricación, almacenaje y distribución de productos.” (Tejero, 2007).

La logística es uno de los factores claves dentro de la empresa. El objetivo de esta consiste en abastecer la demanda maximizando los beneficios de la empresa al menor coste posible. Para ello, deberá garantizar un buen servicio al cliente, entregando la mercancía demandada en el tiempo establecido (Cos et al, 1998).

La “logística” es un término que se empieza a acuñar en la década de los 30 durante la guerra. Se utilizaba con la función de coordinar la producción y abastecimiento que conllevaba la actividad bélica (Clúster Logístico, 2017).

La evolución de la logística ha ido corrigiendo grandes ineficiencias producidas dentro de la empresa. En primer lugar, el hecho de intentar ofrecer un buen servicio al cliente, pretendiendo abastecer sus necesidades de la forma más rápida posible con el fin de mantener el mercado, llevó a las empresas a situar sus almacenes próximos a las zonas donde tenían un mayor volumen de ventas. Esto supuso grandes costes de almacenamiento y un exceso de capacidad (Tejero, 2007).

A su vez, la forma de gestión empresarial no era la idónea, haciendo demasiado hincapié en la departamentalización. Dentro de la empresa, cada departamento se centraba en cumplir los parámetros requeridos desde la dirección, sin tener en cuenta las demás partes involucradas en el proceso. Por ejemplo, el departamento de producción cumplía con las productividades que se le exigían sin tener en cuenta si realmente lo que estaban produciendo era exactamente lo que se estaba demandando en ese preciso momento o si debieran almacenarlo un tiempo hasta dar salida al material (Tejero, 2007).

En relación con cubrir esta falta de optimización, surge la **logística integral**, la cual tiene como prioridad consensuar todas las labores empresariales (Tejero, 2007).

A medida que se va desarrollando, la logística deja su antiguo rol donde solo importaba la fase desde el proceso productivo hasta la entrega al cliente. Ahora se analizan todos los procesos en torno a la red de suministro, es decir, no solo se trata de complacer al

cliente, sino también a todos los participantes intermedios de la transacción como pueden ser los proveedores, los transportistas, las empresas minoristas, etc. Esto se conoce como administración de la cadena de suministro (Clúster Logístico, 2017).

La cadena logística se ve envuelta dentro de la cadena de suministro. Mientras la cadena logística pretende reducir los costes, ofreciendo un transporte lo más satisfactorio posible, la cadena de suministro va un paso más allá, intentando minimizar el coste de las materias primas, el coste de producción, etc. (Transeop, 2020).

Podemos observar en la siguiente figura todos los participantes de la cadena de suministro:

Figura 6: Cadena de suministro



Fuente: Transeop, 2020.

Llegados a este punto de desarrollo nos preguntamos: ¿cómo se podrían solucionar la gran parte de los problemas que presenta la cadena de suministro? Blockchain resuelve la mayoría de ellos.

Blockchain ofrece transparencia en cada uno de los procesos logísticos, lo que aporta mayor confianza a todos los participantes. La descentralización del Blockchain complace el mayor objetivo de la cadena de suministro, que es la reducción de costes. El hecho de operar en una red descentralizada expulsa a terceros agentes que gestionaban la información con el fin de obtener determinadas comisiones. También se ve mejorada la satisfacción del cliente en varios aspectos. El primero sería que el hecho de gestionar de manera más rápida la información, hará que las entregas se realicen a mayor velocidad. A su vez, en cuanto a la demanda de productos con necesidad de certificado de origen, al ser completamente transparente e incorruptible, se evitará la aparición de fraudes (Subirana, 2018).

3.3 Blockchain en la logística portuaria

“La Unión Europea define un puerto como “una zona de tierra y agua dotada de unas obras y equipos que permitan principalmente la recepción de buques, su carga y descarga, y el almacenamiento, recepción y entrega de mercancías, así como el embarco y desembarco de pasajeros.” (Rúa Costa, 2006).

Los puertos benefician las economías de los países, siendo el mayor impulsor del comercio internacional del mundo (Rúa Costa, 2006). En el caso de España en 2017, la actividad portuaria supuso el 68% del comercio internacional registrado en el país, generando también el 8,7% del PIB nacional (Europa Azul, 2018). La terminal portuaria es una sección de este que está centrada en una mercancía concreta como pueden ser contenedores, graneles líquidos, graneles sólidos, etc. (Henesey, 2006).

Con el fin de entender cómo puede responder Blockchain a la problemática que se presenta en las terminales portuarios de contenedores, deberemos conocer como está estructurado el puerto, así como todos los agentes que están involucrados en la cadena de suministro. De esta manera, podremos comprobar cuales son las ventajas que ofrece Blockchain tanto a nivel de gestión interna del puerto, como en relación con el resto de los agentes de la cadena.

3.3.1 Estructura de una terminal de contenedores

Como he comentado previamente, centraré el desarrollo del trabajo en las terminales de contenedores. Considerando la terminal como un sistema, podremos discernir cinco subsistemas dentro de esta:

Figura 7: Terminal de contenedores.



Fuente: Elaboración propia a partir de Anwar, 2019.

El **buque** es la zona donde las grúas manejan los contenedores que transportan los barcos. Se suele planificar la actividad con 24 horas de antelación a la llegada del barco (Anwar, 2019). Las grúas son las encargadas de realizar este movimiento de carga y descarga de contenedores (Henesey, 2006).

El **muelle** es la zona donde se apilan los contenedores tras su descarga o donde se disponen de cara a cargarlos en el buque (Anwar, 2019).

El **patio** es el almacén de la terminal. Aquí se separan las mercancías en función de su envío, bien a corto plazo, como a largo plazo si se trata de mercancía especializada. Las grúas apilan unos contenedores encima de otros mediante el empleo de algoritmos de apilamiento (Anwar, 2019).

Los **operadores logísticos** son los encargados de conectar el muelle con el patio. Una vez se descargan los contenedores del buque en el muelle, los operadores logísticos son los encargados de gestionar donde almacenarlos en el patio. También puede darse la situación inversa, es decir, que tengan que transitar los contenedores que llegan mediante vía terrestre, a través de la puerta de la terminal y que son almacenados en el patio para llevarlos a su lugar correspondiente en el muelle para su posterior embarque. Se trazan estrategias de manera bidireccional, que aprovechan los recursos y por eso es tan complicada su labor y puede generar, si no se hace de forma adecuada, demasiadas ineficiencias (Anwar, 2019).

Por último, está la **puerta de entrada o Gate**. En este subsistema de la terminal es donde se tramita la entrada y salida de los transportistas por camión y/o ferrocarril. Ellos son los encargados de importar la mercancía proveniente de los proveedores o exportar la mercancía final a los compradores (Henesey, 2006).

3.3.2 Agentes de la cadena de suministro

Dentro de una transacción portuaria intervienen una gran cantidad de agentes. Estos se encuentran interconectados entre sí y requieren de mucha información para poder actuar entre ellos. En la figura 8 podemos ver cuáles son estos agentes que intervienen en la cadena de suministro:

Figura 8: Agentes involucrados en la cadena de suministro.



Fuente: Elaboración propia a partir de TradeLens, 2019.

Explicaré como se encuentran conectados todos estos agentes mientras se va trasladando la mercancía, es decir, por orden cronológico:

En primer lugar, tenemos a los **vendedores** o **exportadores**. Esta es la empresa encargada de proporcionar su mercancía a la empresa compradora.

Los **operadores intermodales** son los encargados de recoger la mercancía de la empresa vendedora y llevarla al puerto. Estos suelen ser empresas de transporte terrestre (camiones) o puede ser un servicio incorporado por la propia empresa exportadora, teniendo ellos mismos su propia flota de camiones y ahorrando en costes y trámites. Otra opción posible es el transporte por ferrocarril mediante terminales especializadas.

Una vez estos operadores llevan la mercancía al **puerto**, esta se verifica por los **terminales portuarios** y se carga en un barco, es decir, es recogida por **transportistas marítimos**. Estos transportan los contenedores del **puerto de origen** al **puerto de destino**.

En el puerto de destino, la **terminal portuaria** debe volver a verificar que todo está dispuesto para poder llevar la compra al destinatario final.

A su vez, en este proceso están involucrados tanto los **bancos**, los cuales son los encargados de verificar el pago de manera segura y correcta, como las **autoridades administrativas**, las cuales deben estar al tanto que se cumplen todas las normas en vigor, así como que la mercancía entregada no está fuera de la legalidad.

Después de que todo hay sido autorizado, otra empresa de **operadores intermodales** será la encargada de poner a disposición de la **empresa compradora** los bienes que ha adquirido.

3.3.3 Problemática y soluciones

Una transacción portuaria tiene muchos eslabones que son optimizables. Las terminales de contenedores no son un mero conector entre el transporte terrestre y el transporte marítimo, sino que son la base del comercio internacional y del sistema de transporte mundial. El aumento de carga de contenedores, experimentado anualmente, obliga a que sean necesarios unos procesos logísticos eficaces y eficientes (Stahlbock et al. 2008).

El uso del Blockchain ayudaría a combatir gran parte de la problemática que surge en las terminales de contenedores. El exponencial incremento de volumen y velocidad de entregas deben ser gestionados de manera que no se anulen los beneficios en base a realizar grandes inversiones de infraestructura. Las terminales portuarias deberán optimizar sus recursos, sin tener que ampliar sus terminales y comprar nueva maquinaria, al menos a corto plazo (Anwar, 2019).

Con el fin de incrementar la eficiencia, los operadores portuarios tendrán que optimizar el tiempo de clasificación y procesamiento de contenedores. Para ello es necesario, aparte de personal cualificado, un software que lo respalde como es el Blockchain (Anwar, 2019). Los operadores también deben responder al hecho de que hay demasiados sistemas de información manejados por una gran cantidad de empresas que trabajan en el puerto, lo que lleva a situaciones de mala planificación, mala información, extravío de contenedores, etc. (Henesey, 2006).

Otras de las actividades que pueden ser optimizables son la programación y la gestión de recursos. Programar la llegada de los barcos en función de la climatología, del tráfico

y/o la congestión portuaria, así como gestionar de manera eficiente la maquinaria y los trabajadores necesarios para realizar determinada operación, ayudará a que las terminales desempeñen todas sus acciones de una manera más coordinada (Anwar, 2019).

Pero la problemática que Blockchain puede ayudar a resolver no sólo se limita a las terminales de contenedores y todos sus procesos internos, sino que también responde a una mejor cooperación y colaboración de todos los agentes que operan en la cadena de suministro.

El flujo de documentos continuo en la cadena de suministro es algo imprescindible para no incurrir en extra-costes de tiempo y monetarios (Dovrovnik, 2018). El envío de manera manual vía correo produce fricción entre los agentes de la cadena. Blockchain es capaz de conectar el envío de todos estos documentos en una sola plataforma (Tradelens, 2019). Aunque este problema no se presenta únicamente en la cadena de suministro, sino también se presenta en la parte del puerto donde estos procesos logísticos deben ser ejecutados de una manera sincronizada. Para poder realizar alguna operación será necesario la autorización y la mejor manera de reducir los plazos de espera entre documentos es el Blockchain (Diwan, 2019).

Las características inherentes del Blockchain, como son la confianza, la seguridad y la visibilidad se pueden manifestar de manera muy positiva en la cadena de suministro. Con la incursión de esta tecnología no es necesario el uso de intermediarios para conectar a dos comerciantes. A su vez, cada agente de la cadena le aporta a esta misma, con el tiempo, mayor credibilidad con sus acciones, es decir, cuanto más y mejor opere en la cadena, mayor será su reputación dentro de ella y los demás agentes podrán comprobarlo dado que la información está abierta para todos ellos.

La mejora de la visibilidad y la trazabilidad hará que se optimice el movimiento de contenedores y la agilidad de los pagos. Sin Blockchain, para que un contenedor pudiera salir del puerto, se debía efectuar previamente el pago de este. El hecho de insertar esta nueva tecnología hace que este proceso del pago sea prácticamente inmediato y el movimiento del contenedor se acompase a ello. También se ve mejorado el rastreo y localización, en tiempo real, de la mercancía expedida (Weernink, 2017).

La financiación y el pago de los servicios es uno de los mayores escollos con mayor complejidad que presenta la actividad portuaria. Uno de los métodos más comunes de financiación, en el transporte marítimo, son las *cartas de crédito*. Estos documentos son coordinados entre compradores, vendedores y entidades bancarias y en ellos se relatan todos los datos de interés de la transacción. El problema de estos documentos financieros es que en la actualidad lastran mucho el proceso, es decir, se pierde mucho tiempo en hacer la carta, dando lugar a retrasos y costes innecesarios. El contenedor debe permanecer en la terminal el tiempo en el que la carta se va concretando. El Blockchain facilita esta labor instantáneamente a través del uso de los Smart Contracts (Diwan, 2019). El fraude es otro de los problemas de estas cartas de crédito, pero el encriptado inherente a la cadena de bloques previene que se pueda producir dicho fraude entre los agentes (Weernink, 2017).

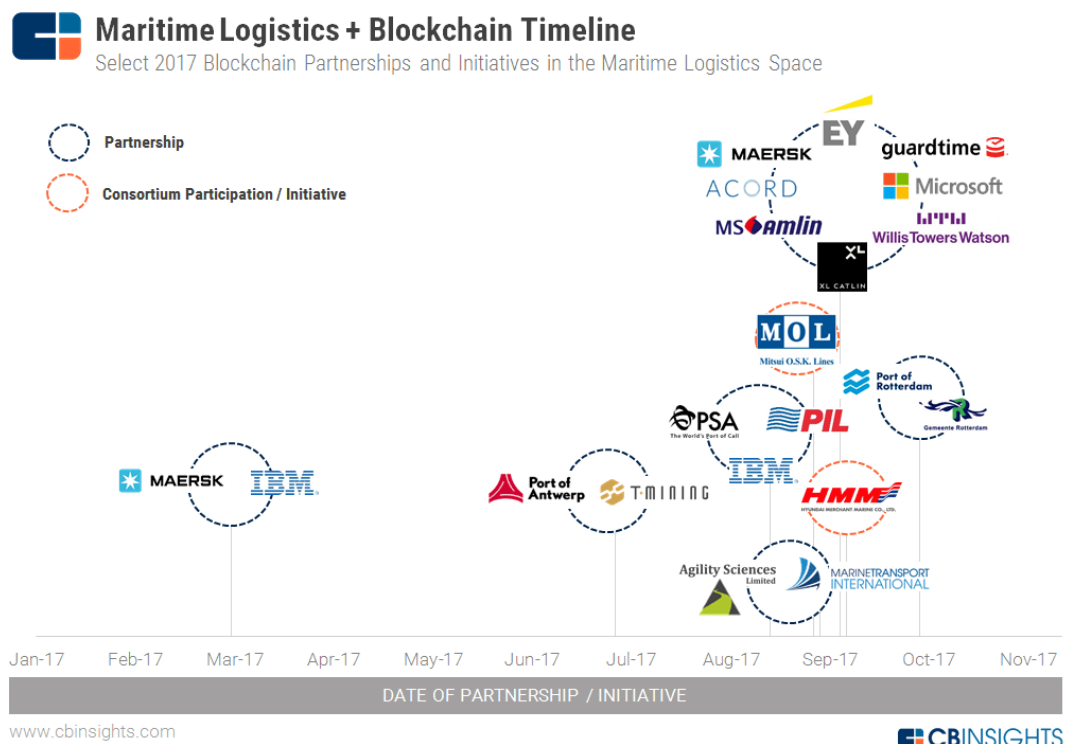
3.4 Implantación del Blockchain en el sector portuario

A pesar de que la tecnología Blockchain lleva con nosotros poco tiempo, hay muchas terminales portuarias y, sobre todo, muchas empresas, que operan en el sector portuario, que han llevado el proceso de pasar de la investigación a la práctica en su uso.

En un reciente estudio llevado a cabo por el grupo Maersk, mostraron como en un transacción portuaria estaban implicadas más de 100 personas. Para ello, observaron un par de contenedores salientes del Puerto de Kenia con destino a Rotterdam y comprobaron que, en el transcurso del tiempo de transporte de estos contenedores, intervinieron 30 agentes completando más de 200 interacciones. A su vez, el envío tardó 34 días en llegar a su destino final, retrasándose 10 días de más, debido al retraso en la entrega de documentos necesarios (Sarmiento, 2019).

La oportunidad de explotar las ineficiencias de este sector, tan exigente, ha conseguido que el flujo de dinero dedicado a la adopción del Blockchain en la logística portuaria se haya incrementado notablemente desde que IBM y Maersk se asociarán en 2017. Es cierto que esta asociación ha ayudado a darle visibilidad al Blockchain dentro del sector logístico, pero las grandes empresas no son las únicas implicadas en el desarrollo tecnológico. A su vez, una gran cantidad de start-ups han empezado a ofrecer soluciones logísticas a empresas de menor tamaño dentro del puerto (Vecdis, 2019). Desde entonces, muchas empresas y puertos han creado alianzas y consorcios, como podemos observar en el gráfico adjunto:

Figura 9: Alianzas e iniciativas del Blockchain en los puertos.



Fuente: CBInsights, 2017.

A continuación, mostraré cuales son las grandes plataformas Blockchain, así como las start-ups más relevantes, y qué aportan nuevo a la logística portuaria.

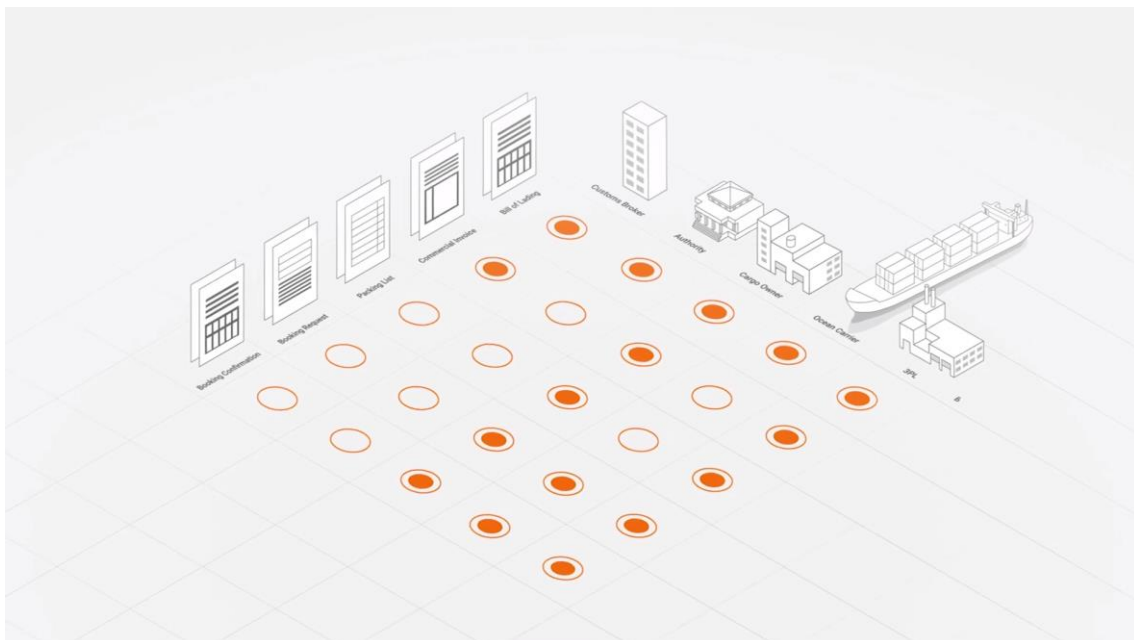
3.4.1 Plataformas Blockchain portuarias más relevantes

La primera gran plataforma Blockchain sale a la luz en agosto de 2017, cuando la asociación entre IBM y Maersk presenta **Tradelens**. Esta plataforma surge con el fin de dar mayor visibilidad a la cadena de suministro.

Tradelens conforma su cadena de bloques con un total de 94 entidades. Entre estas entidades están involucrados más de 20 operadores de puertos y terminales pertenecientes a los cinco continentes, lo que supone su implicación en más de 250 puertos. Algunos de los más relevantes son el Puerto de Rotterdam, el International Container Terminal Services Inc (ICTSI), el Puerto de Singapur, el Puerto de Bilbao, etc. (Utor, 2018).

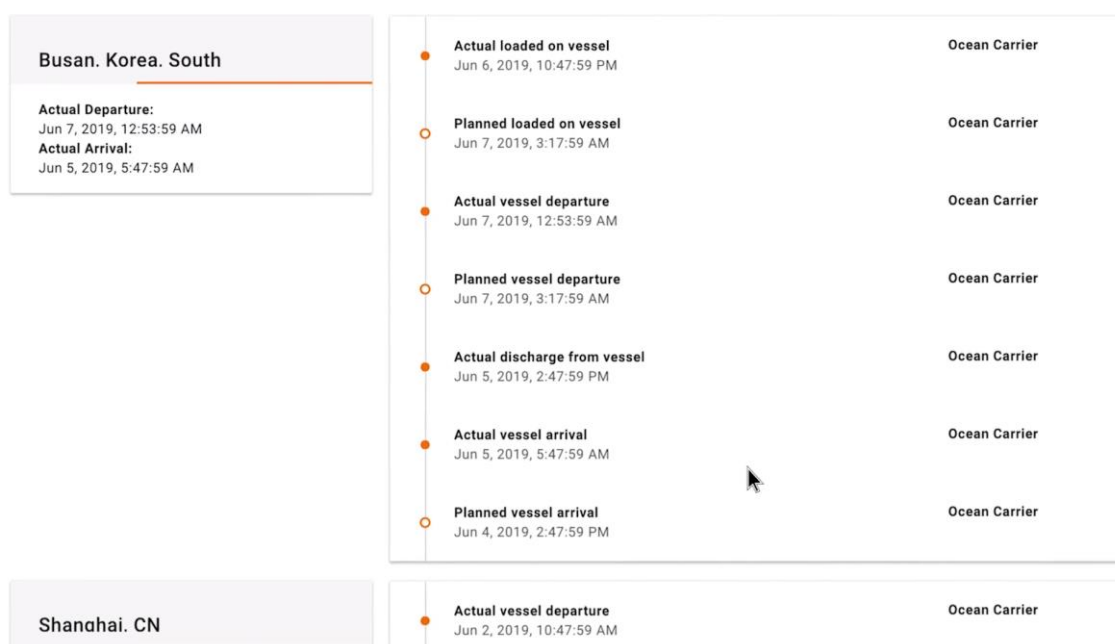
Tradelens es una plataforma digital de envíos que simplifica y optimiza la colaboración y la transparencia entre todos los agentes involucrados en la cadena de suministro. Conecta a todos estos agentes y les otorga los permisos necesarios de documentación de manera personalizada. De esta manera, cada eslabón de la cadena no perderá tiempo en esperar a la llegada de los documentos de manera manual y se evita la posibilidad de que existan extravíos de estos documentos (Tradelens, 2019).

Figura 10: Documentación personalizada para cada agente.



Fuente: TradeLens, 2019.

De manera simultánea, la plataforma aporta información en tiempo real de lo que ocurre en el contenedor. Por ejemplo, en el caso de que el envío fuera un producto fresco como puede ser el envío de fruta, el comprador sabrá en todo momento la temperatura a la que se encuentra el contenedor, el tiempo meteorológico, etc. (IBM Blockchain, 2017).

Figura 11: Información en tiempo real.

Fuente: Tradelens, 2019.

Aunque la mayor ventaja de Tradelens se manifiesta cuando la situación es más adversa. Puede darse la situación de que un contenedor estuviera programado para la llegada a un puerto en concreto, pero las circunstancias del trayecto lo impidan; entonces desde esta plataforma se podría buscar una alternativa en un puerto cercano. En Tradelens, se podría reservar un hueco en el nuevo puerto a la vez que toda la documentación modificada se publicaría en el libro abierto de manera inmediata. No sería necesario mantener el contenedor en el puerto durante días, con el sobrecoste que eso supone, esperando la llegada de la documentación (Tradelens, 2019).

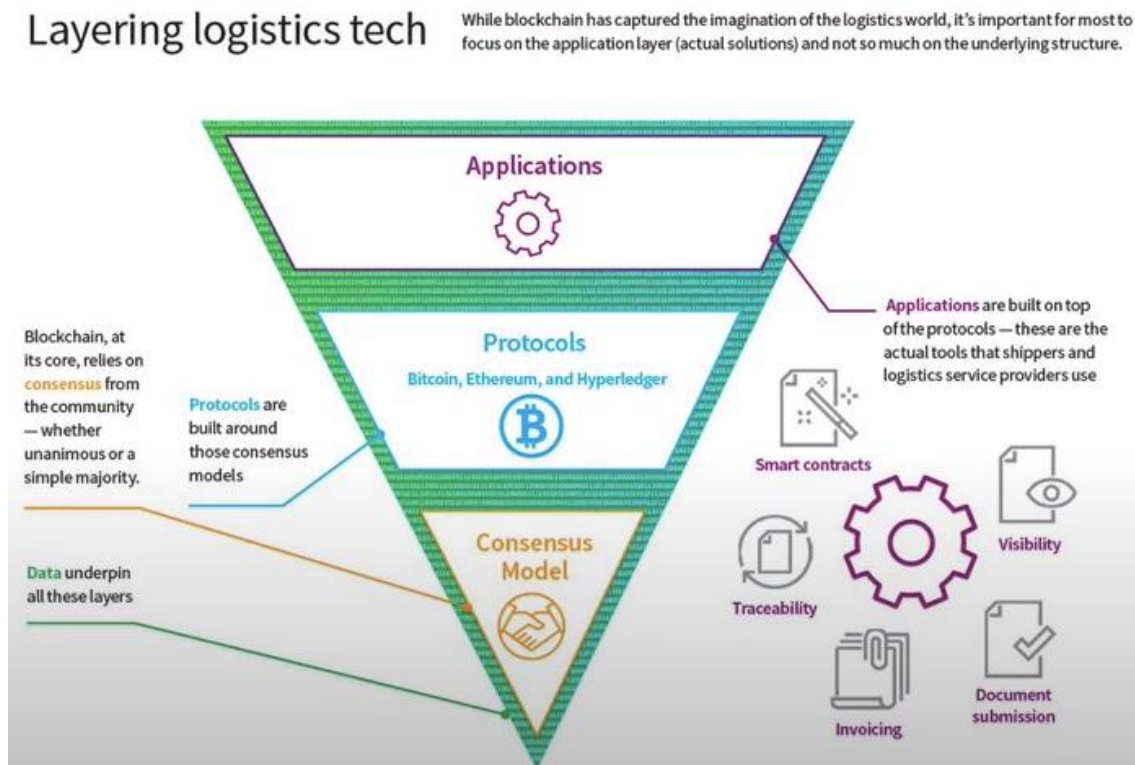
La otra gran plataforma Blockchain relacionada con la actividad portuaria es **Global Shipping Business Network (GSBN)**. En noviembre de 2017 en Shanghái, nueve importantes compañías y operadores terminales se juntaron con el fin de diseñar su propia plataforma Blockchain. Entre ellas están CMA CGM, DP World, Evergreen marine Corp, Cosco, etc. La solución que se presentó para aumentar la eficiencia y comunicación de estas compañías y operadores fue provista por CargoSmart y Oracle, donde se desarrolla una base de datos global de gestión de documentos al estilo Tradelens (Vecdis, 2019).

GSBN presenta muchas similitudes con Tradelens, pero desde un primer momento ha dicho que no va a estar únicamente ligada a aplicaciones Blockchain (Johnson, 2019).

Cabe mencionar a otra gran asociación conocida como **Digital Container Shipping Association (DCSA)**. Está compuesta por grandes compañías y operadores logísticos portuarios que interactúan en las dos plataformas previamente descritas como, por ejemplo: Maersk, CMA CGM, Hapag-Lloyd, etc. Nueve de las diez compañías más importantes en este ámbito se encuentran involucradas. Esta asociación pretende desarrollar estándares de datos entre las compañías navieras y ayudar a diseñar nuevas herramientas para optimizar el sector (Johnson, 2019).

Si nos apoyamos en la figura adjunta, las plataformas de Blockchain Tradelens y GSBN se encontrarían en el tope de esta pirámide invertida, siendo las aplicaciones o herramientas que utilizan los barcos o los servicios logísticos. En el caso de DCSA, esta se encontraría en el punto que une las aplicaciones con los protocolos, sería, por tanto, el punto de unión entre el Blockchain y los protocolos de consenso.

Figura 12: Pirámide de la tecnología logística.



Fuente: Eric Johnson, 2019.

3.4.2 Start-ups y otros proyectos del Blockchain portuario

Las ineficiencias de este sector no se presentan únicamente en la gestión de los documentos. Como hemos visto previamente, dentro de la terminal operan muchos tipos diferentes de empresas que están interconectadas entre sí. La plataforma **Global Shared Container Platform (GSCP)**, creada por la start-up danesa **Blockshipping** ha ayudado a que las operaciones dentro de las terminales estén mejor coordinadas. Cada grupo (terminales, puertos, transportistas, operadores, etc.) tendrán dentro de la plataforma una serie de funcionalidades que se ajustan a sus necesidades específicas. Por ejemplo, supongamos el caso de un transportista naviero exportador. Dentro de la plataforma de Blockshipping, encontrará una lista de las empresas que demandan el servicio de transporte de un contenedor de un puerto de salida a una ubicación concreta. De esta manera, las líneas navieras agilizarán el proceso y ajustarán sus servicios a la demanda, reservando el contenedor de manera inmediata y coordinándose con las líneas importadoras de contenedores que recogerán la mercancía transportada (Blockshipping, 2018).

Los beneficios que esta plataforma de contenedores estima son enormes. Blockshipping espera ahorrarle al sector una gran cantidad de dinero y de emisiones medioambientales. Aproximadamente 6 millones de dólares y 4,6 toneladas de dióxido de carbono cada año (Vecdis, 2019).

Otra interesante plataforma por conocer es **CargoX**. Esta basa su actividad en la transacción de documentos, al igual que hacían Tradelens y GSBN, pero presenta ciertas peculiaridades. A diferencia de las anteriores, el sistema que almacena y gestiona los datos es mundial y es accesible a cualquier empresa. Las empresas que quieran operar en esta plataforma no requieren de una nueva infraestructura para hacerlo. A su vez, no importa el tamaño de la empresa que está en la red. Es decir, en el caso de una empresa pequeña, que solo quiera utilizarla para enviar determinados documentos como puede ser el Bill of Lading, podría operar en CargoX sin ningún problema (Vecdis, 2019).

Otra peculiaridad que presenta CargoX es la inclusión del 'Cargo X Smart BL', el cual es un token incluido para reducir el tiempo y costo de la gestión de los documentos (Cargo X, 2019). Aunque el uso de criptomonedas o tokens lo han llevado a la práctica más empresas en el sector portuario. Entre las más interesantes se encuentra **3000cubits**, que ha presentado los TEU Tokens. Esta criptomoneda se puede utilizar como forma de depósito o fianza a la hora de reservar un contenedor (300cubits, 2018). Esto soluciona uno de los grandes problemas de este sector, la confianza. En caso de que una empresa no cumpla su parte del acuerdo el dinero será igualmente transferido a la otra parte (Vecdis, 2019).

Existen otros proyectos que se están llevando a cabo como son la introducción del Bitcoin como forma de pago en los puertos, plataformas de seguros marítimos gestionadas por Smart Contracts, la entrega de búnkeres marítimos o el control de la contaminación de los barcos mediante tecnología Blockchain (Vecdis, 2019). Lo que queda claro es que el Blockchain presenta muchísimas alternativas. Todas estas aplicaciones y muchas más que se encuentran en fase de investigación y desarrollo son solo la antesala de todo lo que nos puede ofrecer esta nueva tecnología.

4. Conclusiones

Tras la consecución del trabajo cabe decir que los objetivos propuestos, los cuales eran, en primer lugar, desgranar el Blockchain de manera genérica y, a su vez, aplicar estos conocimientos a la logística portuaria, se han completado con éxito. Para que este proceso se llevase a cabo, ha sido necesario consultar una gran cantidad de fuentes de información como textos científicos, notas de prensa o páginas web de plataformas que han implantado Blockchain.

En lo referente a la información consultada, se pone de manifiesto el hecho de que el Blockchain es algo desconocido para la gran mayoría de la población. Las personas que han oído hablar de la cadena de bloques, generalmente lo relacionan con Bitcoin y las criptomonedas, sin llegar a conocer todas las funciones que ofrece, al igual que me ocurrió a mí personalmente. Aunque también presenta una serie de limitaciones, las posibilidades que aporta el Blockchain son muchísimas, de ahí que grandes empresas estén invirtiendo. Esto también quiere decir que se espera que esta nueva tecnología sea determinante tanto a corto como largo plazo, como lo demuestra que las empresas más importantes a nivel logístico como IBM o Maersk estén invirtiendo en desarrollarla e implantarla.

Debido a este desconocimiento por parte de la población del Blockchain, este trabajo está enfocado y puede ser útil para todo tipo de públicos. La primera parte del trabajo puede ser comprendida por cualquier usuario que desee realmente conocer la estructura, funcionamiento y posibilidades de esta tecnología. La segunda parte del documento va destinada a aquel tipo de usuario que desee profundizar un poco más y aprender cómo funciona la cadena de suministro y las transacciones portuarias, así como la implantación del Blockchain en estas. Todo ello tratado de una manera algo más técnica.

La investigación llevada a cabo nos muestra los problemas que surgen dentro de una terminal de contenedores, con todas las empresas que operan dentro de ella, y las fricciones que se provocan entre los agentes de la cadena de suministro. A pesar de que la investigación de la tecnología Blockchain dentro de la logística portuaria y la cadena de suministro es novedosa, datando en 2017 las primeras plataformas que salieron a la luz, el impulso y el ahorro que le ha propiciado a este sector ha sido asombroso. Ha evitado el extra-coste de muchos millones de dólares; ha conectado a los agentes de la cadena de bloques de una forma sin precedentes; ha aportado fiabilidad y seguridad entre los agentes de la cadena; ha evitado retrasos a la hora de enviar documentación; ha agilizado la gestión de los contenedores dentro de las terminales, lo que ha desencadenado en una reducción del tiempo de llegada de los contenedores a los importadores, y todo ello en apenas tres años desde su implantación.

Lo que ha quedado demostrado, tras la realización de este trabajo de fin de grado, es que el desarrollo de esta tecnología se encuentra en una fase inicial, en la cual ya ha mostrado grandes avances. Se deben fortalecer sus virtudes para que siga prosperando. La seguridad del usuario, que opere en ella, debe ser una premisa vital para su crecimiento, por ello deberá implantarse una regulación gubernamental que lo respalde. Si la investigación sigue el curso que está llevando y su implementación sigue siendo igual de eficiente, nos encontraremos ante una tecnología que va a suponer una revolución económica, como los expertos ya están señalando.

A nivel personal, este trabajo ha enriquecido mis conocimientos de logística, el cual era uno de mis objetivos personales al enfrentarme a este tema. Me presenté ante un tema novedoso para mí, del cual desconocía su existencia, y he acabado descubriendo lo que puede ser la próxima revolución de la industria. Siempre me interesó el mundo de la logística, pero la implementación de la tecnología Blockchain puede suponer llevarla a

un nivel superior. Estoy seguro de que mi estudio de la logística y, concretamente, del Blockchain, no acaba aquí. Espero que cualquier persona que lea este trabajo encuentre los conocimientos que venía buscando y que yo he adquirido.

5. Bibliografía

ANWAR, M. 2019. *Digitalization in Container Terminal Logistics: A Literature Review*. En 27th Annual Conference of International Association of Maritime Economists. p. 1-25.

ATENIESE, G.; MAGRI, B.; VENTURI, D.; ANDRADE, E.R. 2017. *Redactable blockchain or rewriting history in bitcoin and friends*. IEEE European Symposium on Security and Privacy (EuroS&P). IEEE, 2017. p. 111-126.

BARTOLOMÉ, A.; LINDÍN, C. 2018. *Posibilidades del Blockchain en Educación*. Education in the Knowledge Society, vol. 19, no 4, p. 81-93.

BINANCE ACADEMY. 2020. *Blockchain Advantages and Disadvantages*. [Fecha de consulta: 01/04/2020]. Disponible en: <https://www.binance.vision/blockchain/positives-and-negatives-of-blockchain>.

BLOCKSHIPPING. 2018. *Blockshipping GSCP platform- First view!* [Fecha de consulta: 08/06/2020]. Disponible en: <https://www.blockshipping.io/>.

BUTERIN, V. 2015. *On Public and Private Blockchains*. [Fecha de consulta: 16/04/2020]. Disponible en: <https://blog.ethereum.org/2015/08/07/on-public-and-private-blockchains/>.

CARGOX. 2017. *Cargo X*. [Fecha de consulta: 08/06/2020]. Disponible en: <https://cargox.io/>.

CASINO, F.; DASAKLIS, T.K.; PATSAKIS, C. 2019. *A systematic literature review of blockchain-based applications: current status, classification and open issues*. Telematics and Informatics, vol. 36, p. 55-81.

CBINSIGHTS. 2020. *Major links in the global trade supply chain that blockchain could transform*. [Fecha de consulta: 24/05/2020]. Disponible en: <https://www.cbinsights.com/research/maritime-logistics-shipping-blockchain-global-trade/>.

CLÚSTER LOGÍSTIC. 2020. *Evolución de la logística durante el último siglo*. [Fecha de consulta: 04/05/2020]. Disponible en: <https://clusterlogistic.org/es/evolucion-de-la-logistica-durante-ultimo-siglo/>.

CONG, L.W.; HE, Z. 2019. *Blockchain disruption and smart contracts*. The Review of Financial Studies, vol. 32, no 5, p. 1754-1797.

DIWAN, D. 2019. *Blockchain potential for logistics and maritime transport*.

DOBROVNIK, M.; HEROLD, D.M.; FURST, E.; KUMMER, S. 2018. *Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start*. Logistics, vol. 2, no 3, p. 18.

EUROPA AZUL. 2018. *La actividad económica ligada a los puertos es del 8,7% del PIB*. [Fecha de consulta: 07/05/2020]. Disponible en: <http://europa-azul.es/la-actividad-economica-ligada-a-los-puertos-es-del-87-del-pib/>.

FILIPOVA, N. 2018. *Blockchain, an opportunity for developing new business models*. Бизнес управление, vol. 28, no 2, p. 75-92.

HABER, S.; STORNETTA, W.S. 1990. *How to time stamp a digital document*. En Conference on the Theory and Application of Cryptography. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 437-455.

HAYS, D. 2018. *Blockchain: an overview*. LSE Business Review.

- HENESEY, L. 2006. *Multi-agent container terminal management*. Tesis Doctoral. Blekinge Institute of Technology.
- I COS, J.P.; NAVASCUES, R.D. 1998. *Manual de logística integral*. Ediciones Díaz de Santos.
- IBM BLOCKCHAIN. 2017. *IBM and Maersk demo: Cross-border supply chain solution on blockchain*. [Fecha de consulta: 30/05/2020]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=tdhpYQCWnCW>.
- JOHNSON, E. 2019. *A description of the Tradelens-GSBN-DCSA landscape*. [Fecha de consulta: 28/05/2020]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=04sLSXtHaMM>.
- JOHNSON, E. 2019. *Infographic: The layers of logistics technology*. [Fecha de consulta: 05/06/2020]. Disponible en: https://www.joc.com/technology/infographic-blockchain-%E2%80%93-what-it-can-do-logistics_20190124.html
- KOKSAL, I. 2019. *The Benefits of Applying Blockchain Technology in Any Industry*. [Fecha de consulta: 31/03/2020]. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/ilkerkoks/2019/10/23/the-benefits-of-applying-blockchain-technology-in-any-industry/#3dfb272249a5>.
- KUO, T.T.; KIM, H.E.; OHNO-MACHADO, L. 2017. *Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications*. Journal of the American Medical Informatics Association, vol. 24, no 6, p. 1211-1220.
- MUDRAKOLA, S. 2020. *Blockchain limitations: This revolutionary technology isn't perfect – and here's why*. [Fecha de consulta: 01/04/2020]. Disponible en: <http://techgenix.com/blockchain-limitations/>
- NAKAMOTO, S. 2008. *A peer-to-peer electronic cash system*. Bitcoin. [Fecha de consulta: 15/03/2020]. Disponible en: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- NAVARRO, B. Y. 2017. Blockchain y sus aplicaciones. *Universidad Católica Nuestra Señora de La Asunción*.
- PREUKSCHAT, A. Blockchain. 2016. *La revolución industrial de internet*. Fecha de consulta: 03/04/2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/36701339/Blockchain._La_revoluci%C3%B3n_industrial_de_internet_-_Alexander_Preukschat.
- RETAMAL, C.D.; ROIG, J.B.; TAPIA, J.L.M. 2017. *La blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas*. Economía industrial, vol. 405, p. 33-40.
- RUA COSTA, C. 2006. *Los puertos en el transporte marítimo*.
- SARMIENTO, A.E. 2019. *Blockchain y su impacto en el transporte marítimo global*.
- SMITH, T. 2020. *The 6 Limitations of Blockchain Technology*. [Fecha de consulta: 01/04/2020]. Disponible en: <https://medium.com/everything-blockchain/the-6-limitations-of-blockchain-technology-2d1b686c0293>.
- STAHLBOCK, R.; VOß, S. 2008. *Operations research at container terminals: a literature update*. OR spectrum, vol. 30, no 1, p. 1-52.
- SUBIRANA, C. 2018. *Cómo la tecnología blockchain transformará las cadenas de suministro*. Revista de Contabilidad y Dirección, vol. 27, p. 47-60.
- SWAN, M. 2015. *Blockchain: Blueprint for a new economy*. O'Reilly Media, Inc.

TAPSCOTT, D.; TAPSCOTT, A. 2016. *Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin.

TAPSCOTT, D.; TAPSCOTT, A. 2017. *La revolución blockchain. Descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global*. Ediciones Deusco. Séptima edición. Disponible en: webdelprofesor.ula.ve/economia/oscard/materias/E_E_Mundial/Economia_Internacional_Krugman_Obstfeld.pdf.

TEJERO, J.J.A. 2007. *Logística integral: la gestión operativa de la empresa*. ESIC editorial.

TORRERO, J. A. 2018. *Blockchain, un futuro basado en la descentralización y la confianza*. [Fecha de consulta: 07/04/2020]. Disponible en: <https://www.nobbot.com/firmas/blockchain-descentralizacion-confianza/>.

TRADELENS. 2020. *TradeLens and Blockchain Technology Supply Chain Demo*. [Fecha de consulta: 11/05/2020]. Disponible en: <https://www.tradelens.com/>

TRANSEOP. 2020. *Cadena de suministro y cadena logística*. [Fecha de consulta: 04/05/2020]. Disponible en: <https://www.transeop.com/blog/Cadena-logistica-y-cadena-de-suministro/365/>

UTOR, A. 2018. *'TradeLens' la solución de Blockchain de Maersk para mejorar la transparencia en la cadena de suministro*. [Fecha de consulta: 25/05/2020]. Disponible en: <https://www.cadenadesuministro.es/noticias/tradelens-la-solucion-de-blockchain-de-maersk-para-mejorar-la-transparencia-en-la-cadena-de-suministro/>.

VAN ROSSUM, J. 2017. *Blockchain for research. Perspectives on a new paradigm for scholarly communication*.

VECDIS. 2019. *Blockchain, una tendencia imparable en puertos*. [Fecha de consulta: 24/05/2020]. Disponible en: <https://puertosylogistica.vecdis.es/2019/02/21/blockchain-una-tendencia-imparable-en-puertos/>.

WEERNINK, M.O.; VAN DEN ENGH, W.; FRANCISCONI, M.; THORBORG, F. 2017. *The blockchain potential for port logistics*.

300CUBITS. 2018. *TEU Tokens – bitcoin for shipping*. [Fecha de consulta: 08/06/2020]. Disponible en: <https://youtu.be/ILVRH0-qar8>.